

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

SU HWAN OH, ET AL.

Application No.:

Filed:

For: **Sampled Grating Distributed Feedback  
Wavelength Tunable Semiconductor Laser  
Integrated With Sampled Grating Distributed  
Bragg Reflector**

Art Group:

Examiner:

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

**REQUEST FOR PRIORITY**

Sir:

Applicant respectfully requests a convention priority for the above-captioned application, namely:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>DATE OF FILING</u>
Korea	10-2003-0028186	2 May 2003

☒ A certified copy of the document is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Blakely, Sokoloff, Taylor & Zafman LLP

Dated: 12/29/03

12400 Wilshire Boulevard, 7th Floor  
Los Angeles, CA 90025  
Telephone: (310) 207-3800

  
Eric S. Hyman, Reg. No. 30,139



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0028186  
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 05월 02일  
Date of Application MAY 02, 2003

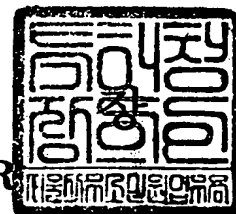
출원인 : 한국전자통신연구원  
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Institute



2003 년 06 월 27 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0003
【제출일자】	2003.05.02
【발명의 명칭】	추출 격자 브래그 반사기와 결합된 추출 격자 분포궤환 파장가변 반도체 레이저
【발명의 영문명칭】	Sampled-Grating Distributed Feedback Wavelength-Tunable Semiconductor Laser Integrated with Sampled-Grating Distributed Bragg Reflector
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【성명】	신영무
【대리인코드】	9-1998-000265-6
【포괄위임등록번호】	2001-032061-5
【발명자】	
【성명의 국문표기】	오수환
【성명의 영문표기】	OH, Su Hwan
【주민등록번호】	680212-1901813
【우편번호】	305-503
【주소】	대전광역시 유성구 송강동 한마을아파트 112-102
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박문호
【성명의 영문표기】	PARK, Moon Ho
【주민등록번호】	591015-1817510
【우편번호】	305-707
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 삼성한울아파트 111-501
【국적】	KR

## 【발명자】

【성명의 국문표기】 이지면  
【성명의 영문표기】 LEE, Ji Myon  
【주민등록번호】 710310-1386921  
【우편번호】 305-503  
【주소】 대전광역시 유성구 송강동 한솔아파트 103-303  
【국적】 KR

## 【발명자】

【성명의 국문표기】 김기수  
【성명의 영문표기】 KIM, Ki Soo  
【주민등록번호】 720202-1480716  
【우편번호】 560-849  
【주소】 전라북도 전주시 완산구 풍남동3가 23-14  
【국적】 KR

## 【발명자】

【성명의 국문표기】 이철욱  
【성명의 영문표기】 LEE, Chul Wook  
【주민등록번호】 670813-1674015  
【우편번호】 305-751  
【주소】 대전광역시 유성구 송강동 199 송강그린아파트 308동 301호  
【국적】 KR

## 【발명자】

【성명의 국문표기】 고현성  
【성명의 영문표기】 KO, Hyun Sung  
【주민등록번호】 660521-1068339  
【우편번호】 302-120  
【주소】 대전광역시 서구 둔산동 1380-1 아너스빌 617호  
【국적】 KR

## 【발명자】

【성명의 국문표기】 박상기  
【성명의 영문표기】 PARK, Sahng Gi  
【주민등록번호】 641221-1777616

【우편번호】	302-781
【주소】	대전광역시 서구 만년동 상록수아파트 102-308
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	정영철
【성명의 영문표기】	CHUNG, Young Chul
【주민등록번호】	590120-1932111
【우편번호】	139-923
【주소】	서울특별시 노원구 중계1동 양지대림아파트 101-1103
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김수현
【성명의 영문표기】	KIM, Su Hyun
【주민등록번호】	731017-1047712
【우편번호】	122-050
【주소】	서울특별시 은평구 갈현동 321-11 용궁빌라 301호
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 신영무 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	5 면 5,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	8 항 365,000 원
【합계】	399,000 원
【감면사유】	정부출연연구기관
【감면후 수수료】	199,500 원
【기술이전】	
【기술양도】	희망
【실시권 허여】	희망
【기술지도】	희망
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

**【요약서】****【요약】**

본 발명은 SG-DFB(Sampled Grating Distrituted Feedback) 구조부와 SG-DBR(Sampled Grating Distributed Bragg Reflector) 구조부를 함께 집적하여 파장가변이 가능하도록 구성된 반도체 레이저에 관한 것으로, SG-DFB 구조부의 위상 제어 영역과 SG-DBR 구조부에 인가되는 전류에 따라서 굴절률을 변화시켜, 연속적 또는 불연속적으로 가변하는 파장을 갖도록 구현할 수 있다. 이러한 파장가변 반도체 레이저는 비교적 간단한 구조로 구성되어 제작 및 대량 생산에 유리하고, 광대역 파장 가변이 가능하면서 출력 광효율이 우수한 효과가 있다.

**【대표도】**

도 6

**【색인어】**

파장가변 반도체 레이저, DFB, DBR, SG-DBR, SG-DFB, Laser Diode, Semiconductor Laser Diode

**【명세서】****【발명의 명칭】**

추출 격자 브래그 반사기와 결합된 추출 격자 분포궤환 파장가변 반도체 레이저  
{Sampled-Grating Distributed Feedback Wavelength-Tunable Semiconductor Laser  
Integrated with Sampled-Grating Distributed Bragg Reflector}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1은 종래 기술에 의한 추출 격자 분포 브래그 반사(SG-DBR) 반도체 레이저의 개략적인 구성도이다.

도 2는 도 1의 SG-DBR 반도체 레이저의 회절 격자의 개념도이다.

도 3은 도 1의 SG-DBR 반도체 레이저 구조에서의 반사 스펙트럼을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 4는 종래 기술에 의한 격자 주기가 주기적으로 변조된 브래그 반사기(SSG-DBR : Super Structure Grating Distributed Bragg Reflector) 반도체 레이저의 추출 회절 격자의 개념도이다.

도 5는 도 4의 SSG-DBR(Super Structure Grating Distributed Bragg Reflector) 반도체 레이저의 반사 스펙트럼을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 파장가변 반도체 레이저의 개략적인 구성도이다.

도 7은 분포궤환(DFB) 반도체 레이저의 회절 격자의 개념도이다.

도 8은 도 7의 분포궤환 반도체 레이저의 반사 스펙트럼을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 9는 SG-DFB 구조부의 위상 제어 영역과 SG-DBR 영역의 굴절률의 변화가 없을 경우 SG-DFB 구조부와 SG-DBR 구조부에서의 개략적인 반사 스펙트럼을 나타낸 그림이다.

도 10은 SG-DBR 영역의 굴절률만 변화하였을 경우 개략적인 반사 스펙트럼을 나타낸 그림이다.

도 11은 SG-DFB 구조부의 위상 제어 영역과 SG-DBR 영역의 굴절률을 변화하였을 경우 반사 스펙트럼을 개략적으로 나타내는 그림이다.

도 12는 통상적인 매립형 레이저 다이오드로 본 실시예에 의한 파장가변 반도체 레이저를 구현한 일단면도이다.

도 13은 전산 모의 실험을 통해 SG-DBR 영역의 굴절률을 변화시켰을 경우 발진 파장의 변화를 도시한 그래프이다.

#### 【발명의 상세한 설명】

#### 【발명의 목적】

#### 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<14> 본 발명은 파장가변 반도체 레이저 구조에 관한 것으로, 보다 상세하게는, SG-DFB 구조부와 SG-DBR 구조부를 함께 집적시켜 파장가변이 가능하도록 구성된 반도체 레이저에 관한 것이다.

<15> 인터넷의 보급과 더불어 점차 통신의 내용도 텍스트 위주에서 멀티미디어 기반으로 넘어가면서 요구되는 전송 속도와 양은 증가되고 있다. 전송 대역폭을 늘



리는 방법 중 하나로써 파장 분할 방식의 광신호 전송이 사용되고 있다. 이 방식은 하나의 광섬유를 통해 서로 다른 파장에 서로 다른 정보들을 동시에 실어 보내는 것으로, 단일 광섬유의 대역폭을 획기적으로 넓힐 수 있는 방식이다. 또한, 광섬유 포설 비용을 절감할 수 있고, 좀 더 유연하고 확장 가능한 광 네트워크를 구현할 수 있어서, 앞으로의 광통신 네트워크에서 필수적인 전송 방식이다.

<16> 이러한 WDM 광통신 시스템에서 광원을 고정된 파장의 반도체 레이저 다이오드 대신 파장 가변 반도체 레이저 다이오드로 구성하면 여러 장점을 가질 수 있다. 구체적으로는 시스템 유지, 보수를 위한 백업용 광원의 수를 줄일 수 있으며, 동적으로 파장을 제공할 수 있을 뿐 만 아니라 네트워크 제어 소프트웨어를 단순화할 수 있다. 또한, 점차 WDM 광통신 시스템 파장 간의 간격이 0.8nm 또는 0.4nm인 고밀도 파장 분할 방식(Dense WDM : DWDM)으로 발전됨에 따라 각각의 고정된 파장을 발생시키는 단일 파장의 레이저 다이오드 비해 파장 가변 레이저 다이오드는 여러 경제적인 이점을 가진다.

<17> 현재까지 제안된 대표적인 파장 가변 레이저 다이오드는 추출 격자 분포 브래그 반사 (Sampled grating distributed Bragg reflector : SG-DBR) 레이저 다이오드, 주기적으로 격자 주기가 변조된 브래그 반사기(Super-structure grating distributed Bragg reflector: SSG-DBR) 레이저 다이오드, 추출 격자 반사기와 결합된 격자 도움 방향성 결합기(grating-assisted codirectional-coupler with sampled grating reflector : GCSR) 레이저 다이오드 등이 있다.

<18> 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 종래 기술에 의한 파장가변 반도체 레이저를 설명한다.

- <19> 도 1은 미국특허 제4,896,325호에 기재된 추출 격자 분포 브래그 반사(Sampled grating distributed Bragg reflector : SG-DBR) 레이저 다이오드의 구성을 도시한 도면이다.
- <20> 도 1의 파장가변 레이저 다이오드는 양단의 SG-DBR영역(140, 142), 광파가 생성되는 이득 영역(136) 및 위상 조절 영역(132)의 총 4개 영역으로 구성되어 있다. 그리고, 이러한 SG-DBR 레이저 다이오드를 파장 가변 시키기 위해서는 연속적인 파장 가변을 위해 버니어 제어 회로(Vernier control circuit : 148), 불연속적인 파장 이동을 위한 오프셋 제어 회로(Offset control circuit : 150), 위상영역의 위상 제어 회로(Phase control circuit: 146) 및 이득 제어회로(Gain control circuit : 144)등이 필요하다.
- <21> 이와 같은 레이저 다이오드의 기본적인 동작원리는 이득 영역(136)에서 생성된 넓은 파장 범위에 걸쳐 분포된 광파를 특정한 파장 대역만 공진시켜 특정한 파장에서 발진하도록 한다. 즉, 특정한 파장만 선택하여 공진시키고, 파장 가변을 하기 위해 이득 영역 양단에 SG-DBR 영역(140, 142)을 집적하였다.
- <22> SG-DBR 영역(140, 142)은 도 2와 같은 추출 회절 격자 구조로 구성되고, 도 3와 같은 반사 스펙트럼 특성을 가진다. 반사 스펙트럼의 중심 피크는 회절 격자 피치(주기)( $\Lambda$ )에 의해서 결정되는 브래그 파장( $\lambda_B$ )이고, 각 피크간의 간격은 SG(추출 격자)의 주기(Z)에 의해 결정된다. 즉, 서로 다른 SG 주기(Z)의 SG-DBR 영역을 양단에 집적 시킴으로써 양단의 여러 피크 중 일치되는 피크에서 레이저 다이오드가 발진할 수 있게 된다.
- <23> 그리고 SG-DBR 영역의 굴절률을 변화시킴으로써, 일치되는 반사 피크를 변화 시켜 발진 파장을 가변시킬 수 있다. 위상 조절 영역(132)은 SG-DBR에 의해 생성된 이득 영역(136)의 종축 모드(Longitudinal mode)간의 간격을 조절하여 연속적인 파장가변이나 반

사 피크에 종축 모드를 일치시켜 발진 파장의 파위를 극대화 시키는 역할을 한다. 이러한 원리로 양단의 SG-DBR 영역(140, 142)과 위상 조절영역(132)의 굴절률을 전류에 의해 적절히 조절함으로써 연속적/불연속적인 파장 가변이 가능하다.

<24> 그러나, 이러한 SG-DBR 레이저 다이오드를 파장 가변 시키기 위해서는 버니어 제어 회로(Vernier control circuit : 148)와 불연속적인 파장 이동을 위한 오프셋 제어 회로(Offset control circuit : 150)과 위상 영역의 위상 제어 회로(Phase control circuit : 146)와 이득 제어회로(Gain control circuit : 144)등 여러 제어 회로가 필요하므로 레이저 다이오드 모듈이나 시스템의 회로구성이 복잡해지는 문제점이 있다.

<25> 또한, 광출력 효율이 양단의 SG-DBR 영역(140, 142)에서 발생하는 손실에 의해 낮아지는 구조적인 한계가 존재한다. 이러한 한계를 극복하기 위해 SG-DBR 레이저 다이오드에 반도체 광증폭기(Semiconductor optical amplifier : SOA)를 집적하는 연구가 활발히 진행되고 있지만, 레이저 다이오드의 구조가 더 복잡하게 되어 제작 상 어려움이 존재하는 문제점이 있다.

<26> 한편, 도 4 및 도 5를 참조하여 미국특허 제5,325,392호에 기재된 SSG-DBR 레이저 다이오드에 대해서 설명한다.

<27> 미국 특허 제5,325,392호의 SSG-DBR 레이저 다이오드는 도 1의 SG-DBR 레이저 다이오드와 마찬가지로 파장 가변을 위한 양단의 SSG-DBR 영역과 이득영역, 위상조절 영역으로 구성되어 있고, 이 SSG-DBR 레이저 다이오드의 SSG-DBR 영역의 회절 격자의 형태를 도 4와 같이 특정한 주기(Z)를 반복하여 회절 격자 주기를 변조 시킨 구조를 가지도록 구성하고 있다. 따라서, 이러한 구조를 통해 반사 스펙트럼은 도 5에서와 같이 주기(Z)에



의해 결정되는 반사 피크 간의 간격을 가지고 각각의 반사 피크 값은 주기의 변조에 의해 작은 결합 계수에도 크고 일정한 값을 가지게 된다.

- <28> 그러나, 이와 같은 SSG-DBR 레이저 다이오드는 넓은 파장 가변영역과 파장 가변에 따른 일정한 파워를 낼 수 있지만, SG-DBR 레이저 다이오드와 마찬가지로 양단의 SSG-DBR에 의한 구조적인 한계를 가지며, 복잡한 회절 격자 구조로 인해 제작상 많은 어려움을 가질 수 있는 문제점이 있다.
- <29> 상술한 파장 가변 레이저 다이오드 외에도 종래기술에 의한 파장 가변 레이저 다이오드로는 GCSR 레이저 다이오드와 파장 가변 쌍유도(Tunable twin-guide)레이저 다이오드 등이 있다. 그러나 이러한 구조의 레이저 다이오드는 제작하기 위해 재성장(Re-growth)과 식각(Etching)을 반복해야 하기 때문에, 제작이 어렵고 대량생산에 적합하지 못한 문제점이 있다.
- <30> 요약하면, 종래 기술의 파장 가변 레이저 다이오드는 구조가 복잡하거나, 출력광 효율이 낮으며, 파장 가변 제어가 복잡하다는 단점들을 가지고 있다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

- <31> 따라서, 본 발명은 상술한 문제점들을 해결하기 위한 목적으로 개발된 것으로, WDM 광통신 시스템용 광원에 사용될 수 있는 새로운 구조의 파장가변 반도체 레이저를 제공한다.

<32> 본 발명의 다른 목적은 비교적 단순한 구조로 구성되어 제작 및 대량 생산에 유리하고 제작 방법이 검증된 종래의 방법에 크게 벗어나지 않도록 하는 파장가변 반도체 레이저를 제공하는 것이다.

<33> 본 발명의 또다른 목적은 광대역 파장 가변이 가능하면서 출력 광효율이 우수한 반도체 레이저를 제공하는 것이다.

### 【발명의 구성 및 작용】

<34> 상술한 문제점을 해결하기 위한 수단으로서, 본 발명은 제 1 주기의 추출 격자(SG: Sampled Grating)가 형성된 이득 영역과 추출 격자 사이에 형성된 위상제어 영역을 구비하는 SG-DFB 구조부와, 이와 함께 집적되어 형성되며 제 2 주기의 추출 격자가 형성된 SG-DBR 구조부로 구성된다. 또한, 전체 구조상에 형성된 상부 클래드층과, 기판 하부 및 이득영역, 위상 제어 영역 및 SG-DBR영역에 독립적으로 전압을 인가하기 위한 전극들로 구성된다. 이렇게 구성된 레이저 다이오드의 좌우 단면은 무반사 박막을 형성한다. 위상 제어 영역 및/또는 SG-DBR영역의 굴절률 변화에 따라서, 발진하는 파장이 연속적 또는 불연속적으로 가변가능하다. 기판은 n형 InP 기판, 상기 도파로층은 InGaAsP계열, 상부 클래드층은 p형 InP이 가능하다.

<35> 바람직하게는, 상기 제 1 주기의 추출 회절 격자와 상기 제 2 주기의 추출 회절 격자의 피치는 서로 동일하고, 제 1 주기와 제 2 주기는 서로 다르게 구성한다.

- <36> 바람직하게는, 위상 제어 영역 및/또는 SG-DBR영역은 전류의 인가에 의해 굴절율이 변화되도록 구성한다.
- <37> 한편, 필요에 따라 상술한 파장 가변 반도체 레이저는 하나의 반도체 기판에 광 변조기나 광증폭기 등을 함께 집적하여 구성될 수도 있다.
- <38> 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 일실시예를 상세히 설명한다. 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전 하도록 하며 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다.
- <39> 도 6은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 파장가변 반도체 레이저의 개략적인 구성도이다. 도 6은 SG-DFB 구조부와 SG-DBR 구조부를 집적시킨 반도체 레이저이다.
- <40> 본 파장가변 반도체 레이저는 SG-DFB 구조부의 위상 제어 영역과 SG-DBR 구조부의 SG-DBR 영역의 굴절률 변화에 의해 연속적/불연속적으로 넓은 범위의 파장 가변이 가능 하다.
- <41> 도 6을 참조하면, 본 실시예의 반도체 레이저 다이오드는 SG-DFB 구조부가 구현된 영역과 SG-DBR 구조부가 구현된 영역으로 나뉘어져 있다.
- <42> SG-DFB 구조부는 하부 클래드층으로 이용되는 n형 InP 기판(31), 그 상에 추출 격자(39)가 형성되고, 그 상에 InGaAsP 도파로층(34)의 위상제어 영역과 다중 양자 우물 구조등이 가능한 활성층(35)의 이득 영역이 형성되어 있다. 그리고, 상부 클래드층으로 이용되는 p형 InP 클래드층(32)이 그 위에 형성되어 있다. p형 InP 클래드층(32) 상부



에는 전극들이 형성되며, 위상 제어 영역 상부에는 위상제어 영역 전극(36), 이득 영역 상부에는 이득 영역 전극(37)이 형성되어 있다. 반도체 레이저 다이오드의 단면에는 무반사 박막(33)이 형성되어 있다. 이득 영역과 위상제어 영역은 예컨대 InGaAsP 계열의 물질로 구현가능하며, 두 영역에서 밴드갭이 다를 수 있다. 예를 들어 이득 영역은  $1.55\mu\text{m}$ 의 밴드갭 파장을 갖는 InGaAsP, 위상제어 영역은  $1.3\mu\text{m}$ 의 밴드갭 파장을 갖는 InGaAsP로 구현가능하다.

<43> SG-DFB 구조부는 하부 클래드층으로 이용되는 n형 InP 기판(31)과 그 상에 추출격자가 형성되고, 그 상에 InGaAsP 도파로층(34)의 위상제어 영역과 상부 클래드층으로 이용되는 p형 InP 클래드층(32)으로 구성된다. 위상제어 영역 상부에는 SG-DBR의 전극(38)이 형성되어 있고, 반도체 레이저의 단면에는 무반사 박막(33)을 더 포함할 수 있다

<44> 반도체 레이저의 이득 영역은 자발 방출(Spontaneous emission)에 의해 광파를 발생한다. 이렇게 발생된 광파는 특정한 파장을 중심으로 넓은 파장 영역에 걸쳐 에너지가 분포되어 있다. 특정한 파장에 에너지가 집중되는 광파를 생성하기 위해서는 유도 방출(Stimulated emission)에 의해 광파를 발생시켜야 한다. 유도 방출은 레이저 다이오드 내부에서 광파의 공진을 통해서 발생하고, 공진이 되는 조건은 레이저 다이오드의 유효 반사율의 특성으로 결정되어진다. 즉, 유효 반사율이 가장 높은 파장에서 레이저 다이오드는 발진하며 주변 모드에 해당하는 파장의 유효 반사율과 차이가 클수록 단일 모드로 발진하게 된다. 또한 유효 반사율 스펙트럼의 피크들의 위치변화를 통해 레이저 다이오드의 발진 파장을 가변시킬 수 있다.

<45> 한편, DFB 반도체 레이저는 이득 영역 내에 도 7과 같은 일정한 피치(주기)를 갖는 회절 격자를 형성한 구조로서, 이러한 회절 격자의 반사 스펙트럼은 도 8과 같이 브래그 파장( $\lambda_B$ )에서 반사율이 큰 특성을 가진다. 공진기 양단에 무반사 코팅막을 형성하게 되면 반사는 회절 격자에서만 발생하고, 유효 반사율은 브래그 파장 근처에서 가장 높기 때문에 브래그 파장 근처에서 발진하게 된다. 그러나, 이와 달리 공진기 내부의 회절 격자 구조가 도 2와 같이 추출 격자(Sampled grating : SG)인 추출 격자 분포 궤환(Sampled grating distributed feedback : SG-DFB) 레이저의 경우는 반사 스펙트럼이 도 3과 같기 때문에 각각의 반사 피크에서 발진가능하게 된다. 즉 다중 모드로 발진할 가능성이 있으며 각 모드 간의 간격은 SG의 반사 스펙트럼의 반사 피크간의 간격과 같고 아래와 같은 식(1)로 구할 수 있다.

<46>

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{2n_g Z}$$

(1) 여기서,  $n_g$ 는 군

굴절률이다.

<47>

한편, 이와 같이 구성된 SG-DFB 구조부의 위상 제어 영역은 그 굴절률을 변화시킴에 따라 반사 피크를 이동시키는 역할을 수행하여 발진파장을 이동시킬 수 있다. 또한 SG-DBR 구조부의 굴절률을 변화시켜 브래그 반사기의 반사 피크를 이동시키는 역할을 수행할 수도 있다. 이에 대해서는 상세히 후술한다. 추출격자(SG)의 주기는 수십  $\mu\text{m}$  이상 이므로 통상의 사진 전사 방법으로 조절할 수 있다. 서로 다른 SG 주기에 의해 SG-DFB 구조부에서의 반사 피크의 간격(발진모드의 간격)과 SG-DBR 구조부의 반사 스펙트럼의 피크 간의 간격이 서로 다르게 된다.



- <48> 이하, 첨부한 도 9 내지 도 11을 참조하여 본 파장가변 반도체 레이저의 동작원리를 상세히 설명한다.
- <49> 도 9는 SG-DFB 구조부의 위상 제어 영역과 SG-DBR 영역의 굴절률의 변화가 없을 경우 SG-DFB 구조부와 SG-DBR 구조부에서의 반사 스펙트럼을 나타낸 그림이다. 위상 제어 영역과 SG-DBR 영역의 굴절률 변화가 없을 경우는 SG-DFB 구조부와 SG-DBR 구조부의 반사 피크가 일치하는 파장에서 발진하게 된다. 여기서, 두 영역의 회절 격자 피치(주기)( $\Lambda$ )는 같지만 매질의 특성이 서로 다르기 때문에 각각의 반사 스펙트럼의 브래그 파장( $\lambda_B$ ), 즉 최대 반사 피크의 위치는 도 9에서와 같이 서로 다르게 된다.
- <50> 도 10은 SG-DBR 영역의 굴절률만 변화하였을 경우 SG-DFB 구조부와 SG-DBR 구조부에서의 개략적인 반사 스펙트럼을 나타낸 그림이다. SG-DBR 영역에 전류를 인가시켜서 매질의 굴절률을 변화시키면, SG-DBR 영역의 반사 피크를 이동하는 것이 가능하게 된다. 도 10에서는 반사 피크가 오른쪽으로 이동한 경우를 도시하고 있다. 따라서, 이러한 SG-DBR 영역의 반사 피크의 위치 변화에 따라 일치되는 피크도 변화하게 되고, 발진하는 파장도 변화하게 된다. 이와 같은 방법으로 SG-DBR 영역의 굴절률을 바꾸게 됨에 따라 SG-DFB 구조부의 발진 모드를 차례로 선택할 수 있고, 이에 따라 발진 파장도 차례로 변화하게 된다.
- <51> 도 11은 SG-DFB 구조부의 위상 제어 영역과 SG-DBR 영역의 굴절률이 변화하였을 경우 SG-DFB 구조부와 SG-DBR 구조부의 개략적인 반사 스펙트럼을 나타내는 그림이다. SG-DFB 구조부의 위상 제어 영역의 굴절률을 변화시킴에 따라 반사 피크는 이동하게 되

고, SG-DBR 영역의 굴절률도 함께 적절히 변화시켜 SG-DFB 구조부의 반사 피크의 변화만큼 SG-DBR 구조부의 반사 피크를 이동시키면 일치되는 파장은 그림과 같이 변화하게 된다. 이러한 원리로 연속적/불연속적인 파장 가변이 구현가능하다.

<52> 도 12는 통상적인 매립형 레이저 다이오드로 본 실시예에 의한 파장가변 반도체 레이저를 구현한 일단면도이다. 도 12에서 사용된 도면부호의 구성요소는 도 6의 도면부호가 지칭하는 구성요소와 동일하다.

<53> 이 파장가변 반도체 레이저는 n형 전극(53)상에 SG-DFB 구조부가 구현된 영역과 SG-DBR 구조부가 구현된 영역으로 나뉘어져 있고, 예컨대 InGaAsP 도파로층(34), 활성층(35), 추출격자(39)가 형성된 n형 InP 기판(31), p형 InP 클래드층(32) 및 전극들(36, 37, 38)을 포함하여 구성되어 있다. 한편, n형 InP 기판(31), p형 InP 클래드층(32) 각각의 단면 근처에는 n형, p형 전류 차단층(51, 52)이 형성되어 있다. 반도체 레이저의 각 단면에는 무반사 박막(미도시)이 형성가능하다.

<54> 한편, SG-DFB 구조부가 구현된 영역과 SG-DBR 구조부가 구현된 영역에 형성된 회절격자의 피치(주기)는 동일하고, SG의 주기(Z)는 적절히 서로 다르게 구성한다.

<55> 도 13은 전산 모의 실험을 통해 SG-DBR 구조부의 SG-DBR 영역의 굴절률을 변화시켰을 경우 발진 파장의 변화를 도시한 그래프이다. 상기에서 설명한 파장 가변 특성을 지니는지를 확인하기 위해 사용한 전산 모의 실험의 종류는 연산자 분리 시영역 모델 [Split-step time-domain model, B.-S. Kim; Y. Chung; J.-S. Lee, "An efficient split-step time-domain dynamic modeling of DFB/DBR laser diodes", IEEE J. of

Quantum Electronics, Vol. 36, No. 7, pp. 787-794, Jul 2000.]을 이용하였다. 상기 모델은 DFB/DBR 레이저 다이오드를 해석하는 효과적인 모델로 알려져 있다.

<56> 구체적 모의 실험조건은 SG-DFB 구조부와 SG-DBR 구조부의 SG 주기를 각각  $202.5\mu\text{m}$ ,  $192\mu\text{m}$ 로 가정하였고 각 영역에서의 SG 개수를 3으로 하고, 회절격자의 피치(주기)는  $240\text{nm}$ 로 하였으며, 전체 소자의 길이를  $1183.5\mu\text{m}$ 로 가정하였다. 그리고, SG-DBR 영역의 굴절률을  $-0.015$ 에서  $0.015$ 로 변화시키면서 발진 파장의 변화를 관찰하였다.

<57> 도 13에 도시하고 있는 바와 같이, 굴절률의 변화에 따라 발진 파장은  $200\text{GHz}(1.6\text{nm})$ 만큼 간격을 두고 발진하였는데, 이와 같은 결과는 식(1)에 의해 SG-DFB 구조부의 반사 피크 간격과 같음을 확인할 수 있었다.

<58> 본 발명의 다른 변형으로는 본 발명의 파장 가변 레이저 다이오드에 광 변조기(Optical modulator)를 집적 시켜 하나의 반도체 기판에 구현할 수 있다. 즉 제안된 레이저 다이오드의 출력 부분에 전계 흡수(Electro-absorber) 영역을 집적하여 이 영역에 신호를 인가시킴으로써 변조된 광 신호는 주파수 처핑(Frequency chirping)에 대한 영향이 거의 없기 때문에 장거리 통신용 광원으로 사용할 수 있다.

<59> 본 발명의 기술 사상은 상기 바람직한 실시 예에 따라 구체적으로 기술되었으나, 상기한 실시 예는 그 설명을 위한 것이며 그 제한을 위한 것이 아님을 주의하여야 한다. 또한 본 발명의 기술 분야의 전문가라면 본 발명의 기술 사상의 범위 내에서 다양한 실시 예가 가능함을 이해할 수 있을 것이다.

**【발명의 효과】**

- <60> 상술한 바와 같이, 본 발명은 SG의 주기가 적절히 조절된 SG-DFB 구조부와 SG-DBR 구조부를 함께 집적하고 SG-DFB 구조부에 위상 제어 영역을 두어 파장 가변이 가능한 구조의 반도체 레이저를 제안하였다.
- <61> 이러한 반도체 레이저는 종래의 반도체 레이저에 비해 간단한 구조를 가지며, 새로운 공정 과정 없이 기존의 방법으로 제작이 가능하다. 특히 이득 영역에서 생성된 광파를 광섬유에 바로 결합 시킬 수 있는 구조로 기존의 파장 가변 레이저 다이오드에 비해 출력 광 효율이 우수한 효과가 있다.
- <62> 또한, 이러한 반도체 레이저는 넓은 파장 가변이 가능하고 SG-DFB 구조부의 위상 제어 영역과 SG-DBR 영역의 굴절률 변화에 의해 연속적/불연속적인 파장 가변이 가능하기 때문에 간단한 회로로 파장 제어를 할 수 있다.



**【특허청구범위】**

**【청구항 1】**

광파를 생성하고 제 1 주기의 추출 회절 격자를 구비하는 이득 영역 및 위상제어 영역을 구비하는 SG-DFB 구조부;

상기 SG-DFB 구조부와 함께 집적되어 형성되며, 제 2 주기의 회절 격자를 구비하는 SG-DBR 영역을 구비하는 SG-DBR 구조부; 및

상기 SG-DFB 구조부 및 상기 SG-DBR 구조부의 각 단면에는 무반사 박막을 포함하여 구성되되,

상기 위상 제어 영역 및/또는 상기 SG-DBR 영역의 굴절률 변화에 따라서, 발진하는 파장이 가변하도록 구성된 것을 특징으로 하는 파장가변 반도체 레이저.

**【청구항 2】**

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 주기의 추출 회절 격자와 상기 제 2 주기의 추출 회절 격자의 피치는 서로 동일한 것을 특징으로 하는 파장가변 반도체 레이저.

**【청구항 3】**

제 1 항에 있어서,

상기 위상 제어 영역 및 SG-DBR영역은 전류의 인가에 의해 굴절률이 변화되도록 구성된 것을 특징으로 하는 파장가변 반도체 레이저.

**【청구항 4】**

제 1 항에 있어서,

상기 발진하는 파장은 연속적 또는 불연속적으로 가변하는 것을 특징으로 하는 파장가변 반도체 레이저.

【청구항 5】

제 1 항에 있어서,

상기 파장 가변 반도체 레이저는 하나의 반도체 기판에 광 변조기와 함께 집적되어 구현된 것을 특징으로 하는 파장가변 반도체 레이저.

【청구항 6】

하부 클래드층의 기판;

상기 기판 상에, 다른 도파로층들로 각각 형성된 이득영역, 위상 제어 영역 및 SG-DBR영역;

상기 전체 구조상에 형성된 상부 클래드층;

상기 기판 하부 및 상기 이득영역, 위상 제어 영역 및 SG-DBR영역에 독립적으로 전압을 인가하기 위한 전극들; 및

각 단면에 형성된 무반사 박막을 포함하여 구성되되,

상기 이득 영역 및 위상제어 영역은 SG-DFB 구조부를 구성하여 제 1 주기의 추출 회절 격자를 구비하고, 상기 SG-DBR영역은 SG-DBR 구조부를 구성하여 제 2 주기의 추출 회절 격자를 구비하며,

상기 위상 제어 영역 및/또는 SG-DBR영역에 상기 전극들을 통해 인가되는 전류에 의해 발생하는 굴절률 변화에 따라서 발진하는 파장이 연속적 또는 불연속적으로 가변하도록 구성된 것을 특징으로 하는 파장가변 반도체 레이저.



**【청구항 7】**

제 6 항에 있어서,

상기 제 1 주기의 추출 회절 격자와 상기 제 2 주기의 추출 회절 격자는 피치는 동일하고, 상기 제 1 주기와 제 2 주기는 서로 다르게 구성된 것을 특징으로 하는 파장가변 반도체 레이저.

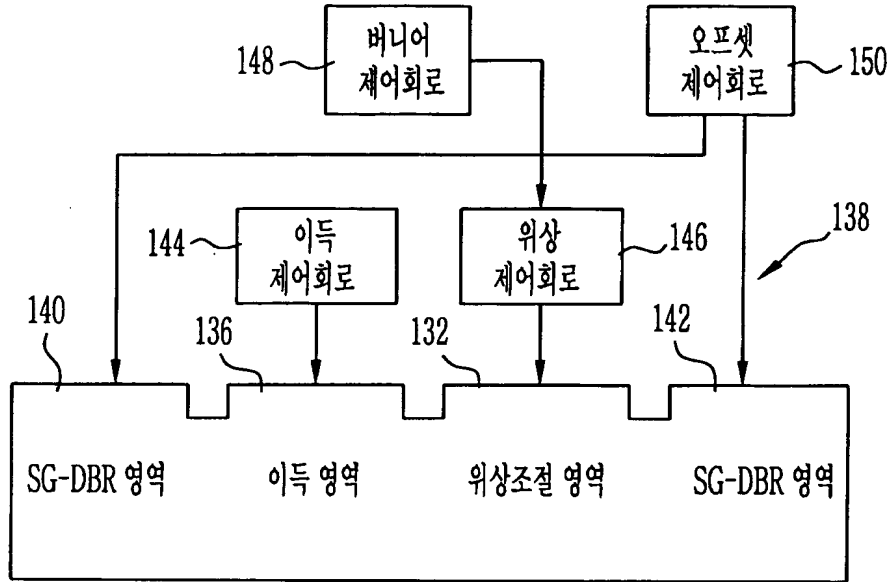
**【청구항 8】**

제 6 항에 있어서,

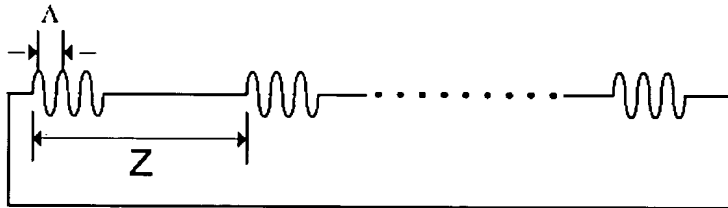
상기 기판은 n형 InP 기판이고, 상기 도파로층등은 InGaAsP계열로 이루어지며, 상기 상부 클래드층은 p형 InP인 것을 특징으로 하는 파장가변 반도체 레이저.

【도면】

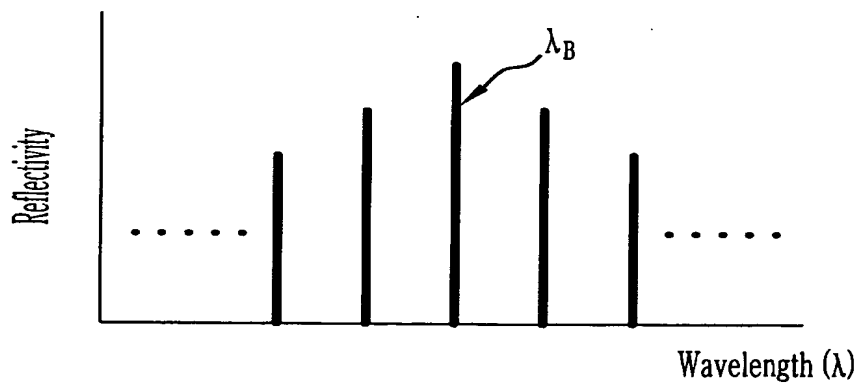
【도 1】



【도 2】

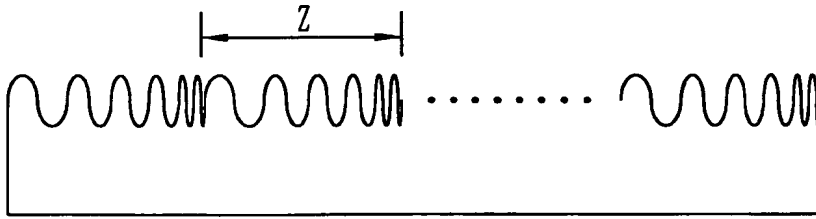


【도 3】

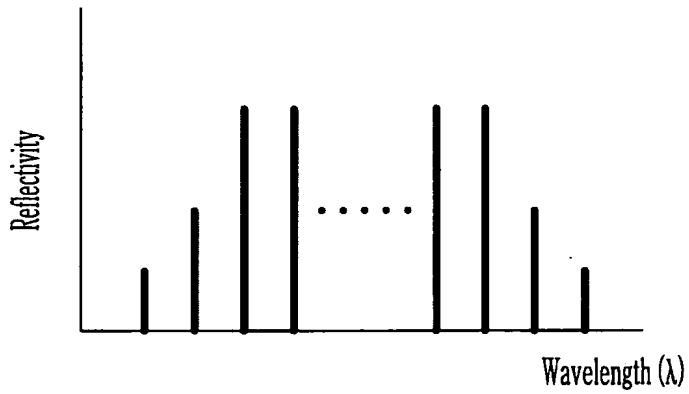




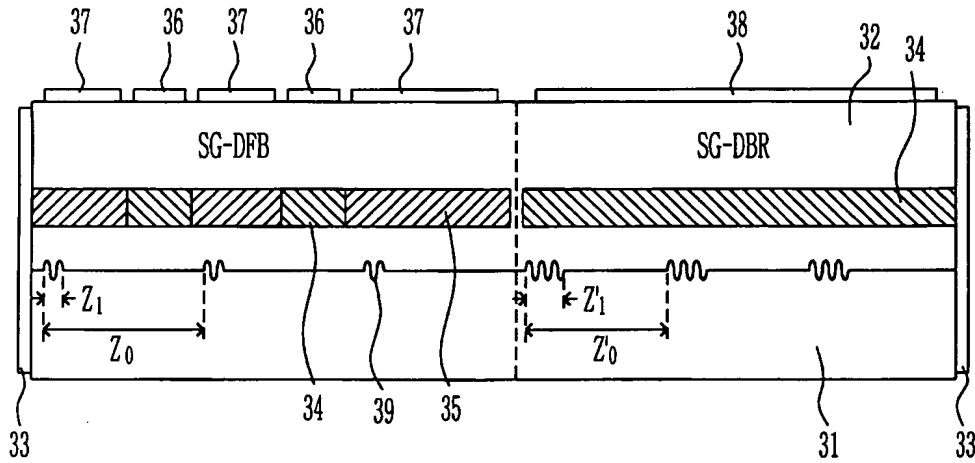
【도 4】



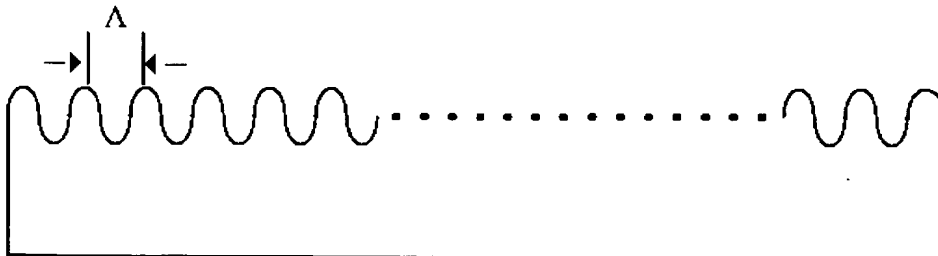
【도 5】



【도 6】

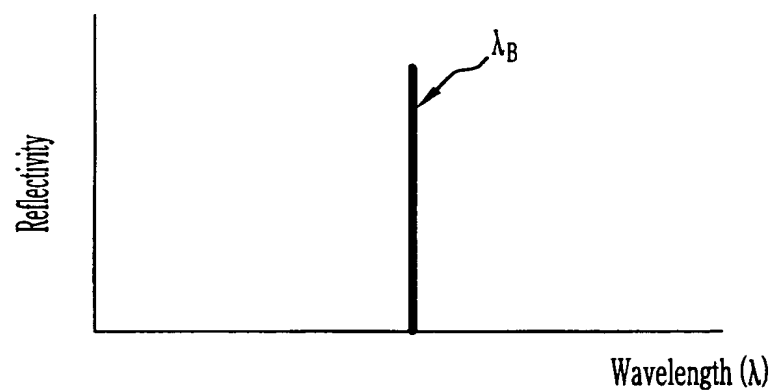


【도 7】

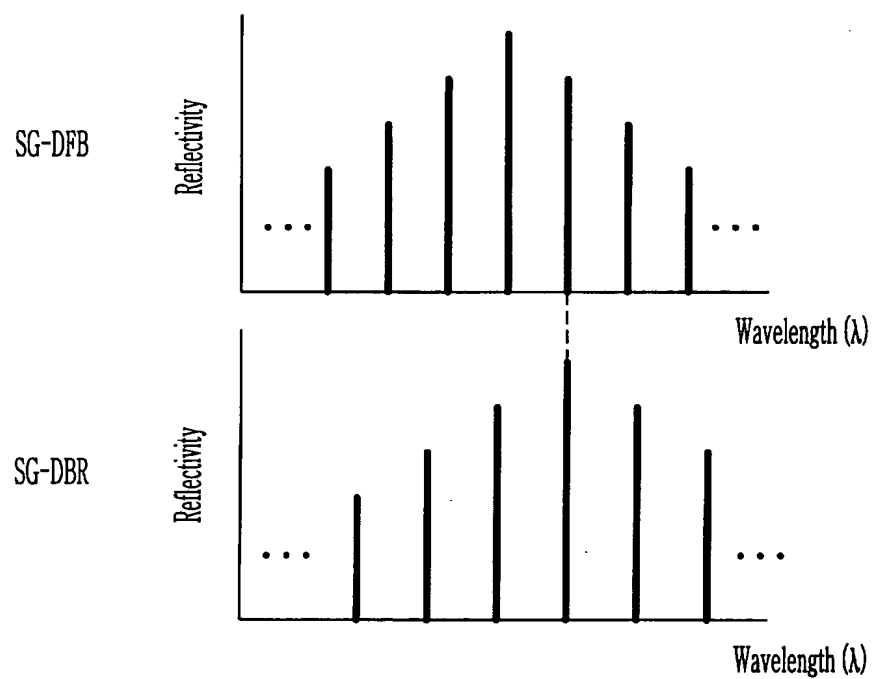




【도 8】

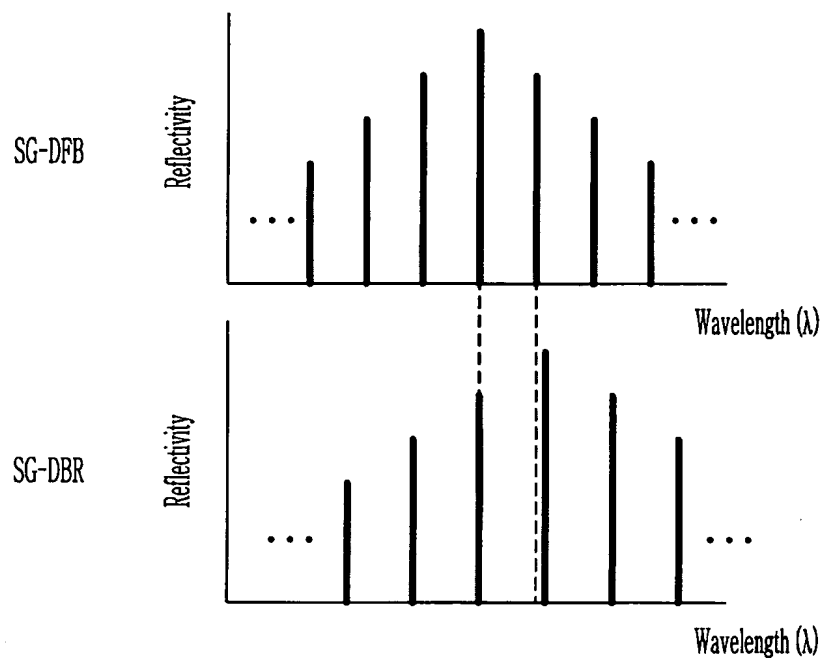


【도 9】

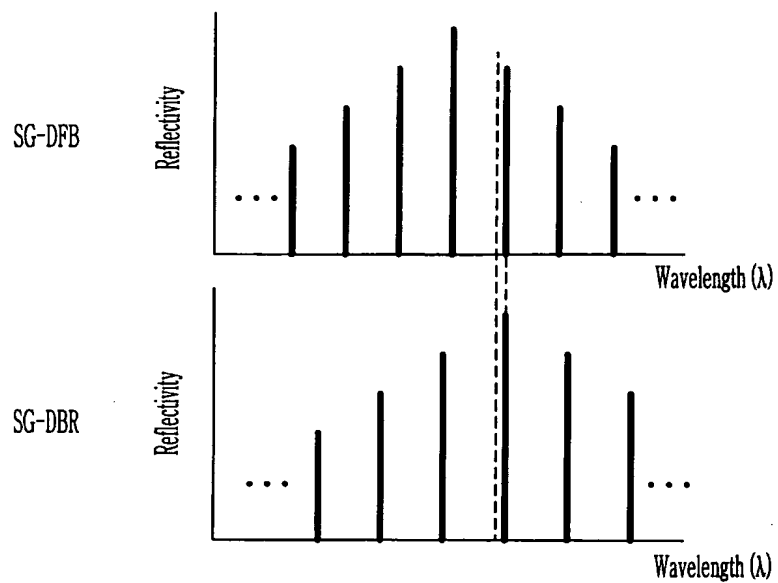




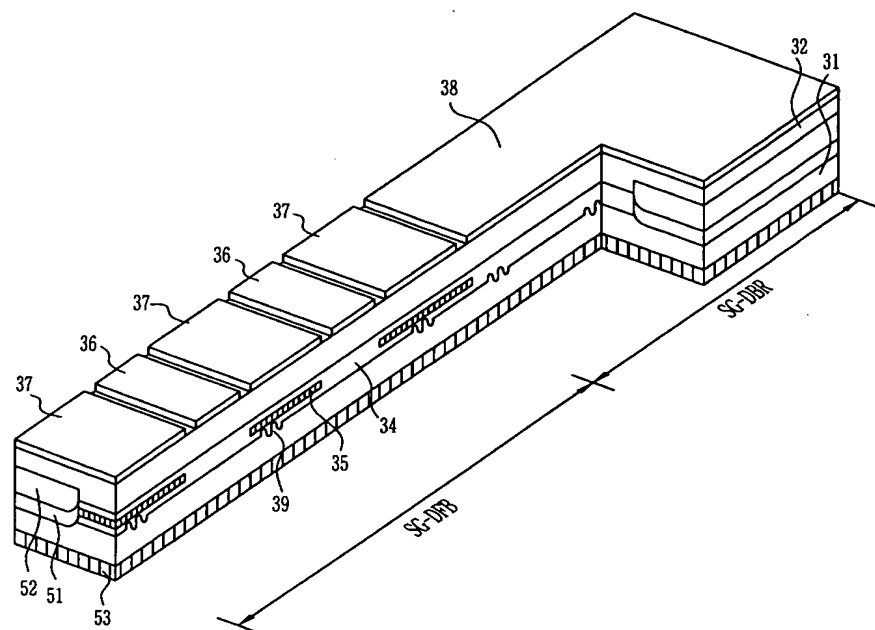
【도 10】



【도 11】



【도 12】



【도 13】

